

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 KUALITAS

2.1.1 Definisi kualitas

Banyak sekali definisi kualitas yang ada pada saat ini, definisi kualitas didasarkan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Ada beberapa pendekatan untuk mendefinisikan kualitas (Garvin, D.A.1998), yaitu :¹

1. *Transcendent (Quality as Excellence)*

Yaitu pendekatan yang bersifat subyektif yang digunakan sebagai pembeda antara produk/jasa yang berkualitas baik dan buruk. Contoh lukisan "Monalisa" merupakan benda yang berkualitas tinggi.

2. *Product-based*

Adalah kualitas produk/jasa diindikasikan oleh kehadiran *specific features* atau *attribute* pada produk/jasa tersebut dan dapat diukur. Contoh sarung jok mobil yang terbuat dari kulit dianggap lebih berkualitas tinggi dibanding dengan sarung jok mobil yang terbuat dari kulit imitasi dari vinyl, sebab kulit lebih tahan api.

¹ Singgih Santoso, *Total Quality Management dan Six Sigma*, Edisi Pertama, (Alex Media Komputindo, 2007), h. 4.

3. *User-based (Fitness For Use)*

Produk/jasa yang dapat memuaskan penggunanya akan dikatakan produk/jasa yang berkualitas tinggi.

4. *Manufacturing-based (Quality as Conformance to Specification)*

Produk/jasa yang dibuat sesuai dengan spesifikasi design, merupakan produk/jasa yang berkualitas tinggi.

5. *Value-based (Quality as Value for The Price)*

Kualitas suatu produk/jasa diindikasikan oleh kerelaan pengguna atau pelanggan untuk membeli barang tersebut (*willingness to pay*).

Kelima pendekatan diatas adalah merupakan pendekatan kualitas yang bersifat subyektif. Sehingga perusahaan pada dasarnya harus melakukan kombinasi-kombinasi dari pendekatan diatas.

Menurut Garvin, kualitas itu sendiri memiliki beberapa dimensi, yaitu diantaranya :

1. *Performance*

Hal ini berkaitan dengan aspek fungsional suatu barang dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan dalam membeli barang tersebut.

2. *Features*

Adalah merupakan aspek performansi yang berguna untuk menambah fungsi dasar, berkaitan dengan pilihan-pilihan produk dan pengembangannya.

3. *Reliability*

Adalah hal yang berkaitan dengan probabilitas atau kemungkinan suatu barang berhasil menjalankan fungsinya setiap kali digunakan dalam periode waktu tertentu dan dalam kondisi tertentu pula.

4. *Conformance*

Hal ini berkaitan dengan tingkat kesesuaian terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan pada keinginan pelanggan. Konfirmasi merefleksikan derajat ketepatan antar karakteristik desain produk dengan karakteristik kualitas standar yang telah ditetapkan.

5. *Durability*

Merupakan suatu refleksi umur ekonomis berupa ukuran daya tahan atau masa pakai barang.

6. *Seviceability*

Merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, kompetensi, kemudahan, dan akurasi dalam memberikan layanan untuk perbaikan barang.

7. *Asthetics*

Merupakan karakteristik yang bersifat subyektif mengenai nilai-nilai estetika yang berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari preferensi individual.

8. *Peceived Quality*

Merupakan kualitas yang dirasakan bersifat subyektif, yang berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk, seperti : harga diri, moral dan lain-lain.

Dari beberapa penjelasan diatas maka dapat kita simpulkan bahwa kualitas adalah merupakan konsep yang luas, yang mencakup tingkat kesempurnaan, atribut pembeda atau sifat, kesesuaian dengan spesifikasi, standar perbandingan yang dapat di ukur sehingga aplikasi-aplikasi dapat ditujukan pada tujuan bisnis.

2.1.2 Definisi Pengendalian

Pengendalian merupakan usaha yang dilakukan untuk menjaga hasil dari pelaksanaan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dalam perencanaan.

Pengendalian di bagi kedalam tiga bagian menurut waktu pelaksanaannya, antara lain :

1. *Preventive Control*

Adalah pengendalian yang dilakukan sebelum proses produksi dijalankan.

Kegiatan ini biasanya meliputi pemeriksaan terhadap hal-hal yang berkaitan dengan rencana, desain, mesin/peralatan, bahan baku dan tenaga kerja.

2. *Monitoring Control*

Adalah pengendalian yang dilakukan pada saat proses produksi berlangsung

Kegiatan ini biasanya meliputi pemeriksaan standar komponen pada saat produksi berlangsung.

3. *Repressive Control*

Adalah merupakan pengendalian yang dilakukan setelah semua proses produksi selesai dikerjakan (telah menjadi produk jadi).

2.1.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah kegiatan untuk memastikan apakah kebijaksanaan dalam hal mutu standar dapat tercermin dalam hasil akhir. Dengan kata lain pengendalian kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan kualitas dari produk barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan berdasarkan kebijakan pemimpin perusahaan.

Kualitas produk yang akan dikendalikan dapat diartikan sebagai kesesuaian dan kepuasan konsumen atas suatu produk. Kepuasan tersebut mencakup kualitas produk (*Quality of Product*), biaya (*Quality of Cost*), penyampaian (*Quality of Delivery*), keselamatan (*Quality of Safety*) dan moral (*Quality of Moral*).

Pengendalian kualitas pada umumnya memiliki empat tahapan berikut :

1. Penetapan standar kualitas dan ongkos
2. Konfirmasi hasil produksi
3. Mengadakan koreksi
4. Perbaiki standar.

Menurut Juran, pengendalian kualitas terdiri dari tiga aspek, yaitu :

1. *Quality Planning*

Pada tahap ini, produsen harus melakukan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen
- b. Merancang produk sesuai dengan kebutuhan konsumen
- c. Merancang proses produksi untuk produk tersebut
- d. Proses produksi harus sesuai dengan spesifikasi produk.

2. *Quality Control*

Pengendalian kualitas produk pada saat proses produksi.

Pada tahap ini, produsen harus melakukan hal berikut :

- a. Mengidentifikasi faktor kritis yang harus dikendalikan dan berpengaruh pada kualitas
- b. Mengembangkan alat dan metode pengukuran
- c. Mengembangkan standar bagi faktor kritis.

3. *Quality Improvement*

Kegiatan ini dilaksanakan apabila ada ketidaksesuaian antara kondisi aktual dengan kondisi standar.

2.2 SIX SIGMA

2.2.1 Definisi *Six Sigma*

Ada banyak definisi mengenai *Six Sigma*, diantaranya adalah sebagai berikut :²

1. *Six Sigma* adalah tujuan yang hampir sempurna dalam memenuhi persyaratan pelanggan. Pada dasarnya definisi "*Six Sigma*" adalah merupakan target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat untuk setiap satu juta kali aktivitas atau peluang yang ada.
2. *Six Sigma* adalah usaha perubahan budaya sehingga perusahaan dapat memenuhi kepuasan pelanggan, meningkatkan profit, dan daya saing yang lebih besar.
3. *Six Sigma* adalah sebuah sistem komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan bisnis.
4. *Six Sigma* adalah tujuan kualitas proses, dimana sigma adalah tolak ukur penting dari variabel dalam proses.
5. *Six Sigma* adalah strategi terobosan (*breakthrough*) dari pihak manajemen yang memungkinkan perusahaan untuk secara drastis meningkatkan kinerja mereka dengan cara mendesain dan memonitor aktivitas bisnis harian sedemikian rupa sehingga cacat dapat diminimalkan dan kepuasan pelanggan ditingkatkan.

² Sammy Shina, *Six Sigma For Electronics Design and Manufacturing*, (McGraw-hill, 2002), h. 13.

2.2.2 Konsep Six Sigma

Six Sigma merupakan metode yang terstruktur dan *fact-based* yang merupakan penerapan atau aplikasi metode statistik dalam proses bisnis untuk meningkatkan efisiensi operasional yang berakibat pada peningkatan nilai organisasi. *Six Sigma* itu sendiri berfokus pada :

- a. Pengurangan *Cycle Time*.
- b. Pengurangan jumlah produk cacat.
- c. Kepuasan pelanggan.

Six Sigma sebagai sistem pengukuran menggunakan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) sebagai suatu pengukuran. DPMO merupakan suatu ukuran yang baik bagi kualitas suatu produk maupun proses, sebab DPMO berkorelasi langsung dengan cacat, biaya dan waktu yang terbuang. Dengan menggunakan tabel konversi DPMO, maka kita akan dengan mudah mengetahui tingkat sigma dan DPMO.

Terdapat enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam aplikasi konsep *Six Sigma* dalam bidang *manufacturing*, yaitu :³

1. Identifikasi karakteristik produk yang memuaskan pelanggan (sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan).
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*Critical To Quality*).
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu bisa dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja, dan lain-lain.

³ Vincent Gaspersz, *Pedoman Implementasi Program SIX SIGMA*, (Gramedia Pustaka Utama, 2002), h. 9.

4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai dengan keinginan pelanggan (melalui nilai USL atau LSL).
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai standar deviasi untuk CTQ).
6. Mengubah desain produk dan proses agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma*.

2.2.3 Metode Six Sigma

Metode *Six Sigma* adalah visi untuk mencapai kesempurnaan pada kualitas suatu produk atau jasa, yang diuntungkan dengan jumlah cacat produk sebesar 3,4 *part per million* atau DPMO (*Defect Per Million Opportunity*).

Pada kenyataannya sangat sulit untuk mewujudkan *Six Sigma*, dikarenakan persentase yang harus dicapai adalah 99,99966% dengan $DPMO = 3,4$.

Terminologi yang menjadi kunci utama pelaksanaan *Six Sigma*, yaitu :⁴

1. CTQ (*Critical To Quality*) adalah atribut yang sangat penting yang berhubungan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan yang merupakan suatu elemen dari suatu produk, proses atau praktek-praktek yang berdampak langsung dengan kepuasan pelanggan.

⁴ *Ibid.*, h. 6-8.

2. *Defect* adalah kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan.
3. *Process Capability* adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan produk sesuai dengan ekspektasi dari kebutuhan pelanggan.
4. *Variation* merupakan apa yang pelanggan lihat dan rasakan dalam proses transaksi antara pemasok dengan pelanggan. *Six sigma* berfokus kepada apa penyebab variasi dan mencegah terjadinya variasi itu, sehingga dapat meningkatkan kapabilitas proses.
5. *Stabel Operation* adalah jaminan konsistensi, proses-proses yang dapat diperkirakan dan dikendalikan guna meningkatkan apa yang pelanggan lihat dan rasakan, meningkatkan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan.
6. *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* adalah proses untuk peningkatan terus-menerus menuju target *Six Sigma*. DMAIC dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta.

2.3 TAHAPAN SIX SIGMA

Six Sigma merupakan suatu metode peningkatan kualitas, yang didalamnya terdapat fase – fase membentuk suatu siklus menuju perbaikan kualitas yang terdiri dari : Pendefinisian (*Define*), Pengukuran

(*Measure*), Analisa (*Analyze*), Perbaikan (*Improvement*) dan Kontrol (*Control*) sehingga membentuk konsep DMAIC.

2.3.1 Tahap Mendefinisikan (*Define*)

Langkah dalam proses *define* ini adalah :

1. Kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*.
2. Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
3. Apa masalah dan peluang yang akan difokuskan.
4. Mendefinisikan Proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma*.
5. Mendefinisikan kebutuhan spesifik dari pelanggan yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
6. Pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

Alat yang dapat digunakan dalam tahap ini antara lain:

1. Peta Proses Operasi (*Operations Processes Chart*)

Peta proses operasi merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah – langkah proses yang akan dialami oleh bahan baku mengenai urutan – urutan operasi dan pemeriksaan, sejak dari awal sampai menjadi produk jadi utuh maupun menjadi komponen, dan juga memuat informasi yang diperlukan untuk analisa lebih lanjut, seperti waktu yang digunakan, material yang digunakan, tempat dan alat atau mesin yang digunakan.

2. *Critical To Quality* (CTQ)

Critical To Quality merupakan atribut – atribut yang sangat penting untuk diperhatikan pihak manajemen perusahaan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktek – praktek yang berdampak pada konsumen.

2.3.2 Tahap Pengukuran (*Measure*)

Measure adalah langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. *Measure* itu sendiri mempunyai tiga tahapan, adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan karakteristik kualitas (CTQ) kunci.
2. Mengembangkan rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan *outcome*
3. Mengukur kinerja sekarang pada tingkat proses, *output*, dan *outcome* untuk ditetapkan sebagai kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek *Six Sigma*.

Alat yang digunakan dalam tahapan *measure* ini adalah :

1. Sistem Matrik

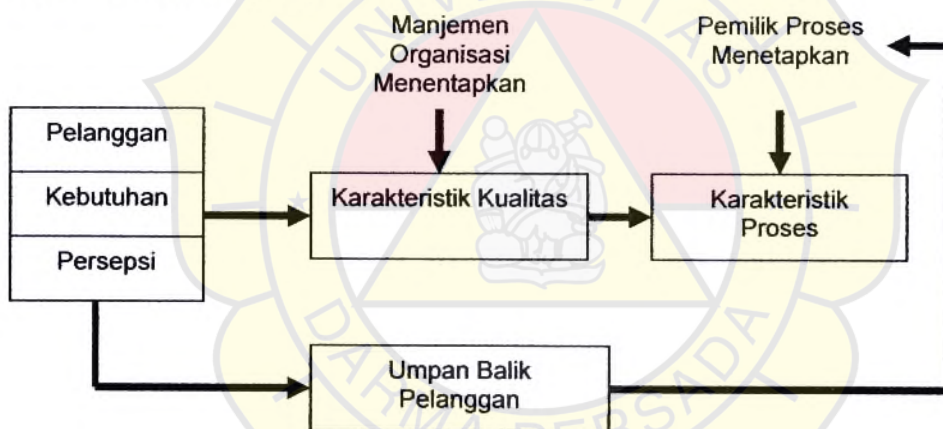
Sistem matrik terdiri dari dua elemen fungsional, yaitu :⁵

1. Elemen komunikasi yang menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan proses bisnis.

⁵ *Ibid.*, h. 73-74.

- Umpan balik yang menghubungkan persepsi pelanggan, tentang kepuasan yang diterima dari produk dengan pemilik proses (yang bertanggung jawab dalam mengendalikan dan meningkatkan proses).

Dari bagan 2.1 tampak bahwa kebutuhan spesifik pelanggan harus dapat diterjemahkan secara tepat kedalam karakteristik kualitas yang ditetapkan manajemen organisasi, selanjutnya karakteristik kualitas itu di uji dan dibandingkan dengan karakteristik proses untuk mengetahui apakah karakteristik proses mampu memenuhi standar – standar karakteristik kualitas yang ditetapkan.



Gambar 2.1 Sistem Matrik.

2. Peta Kendali X dan MR

Dalam banyak kasus, ukuran contoh yang digunakan untuk pengendalian proses adalah hanya satu ($n=1$). Hal ini sering terjadi apabila pemeriksaan dilakukan secara otomatis dan terjadi pada tingkat produksi yang sangat lambat sehingga sukar untuk mengambil contoh (n) lebih besar daripada satu. Kasus semacam ini banyak dijumpai dalam

industri kimia. Demikian pula dalam kasus dimana pengukuran menjadi sangat mahal. Pembuatan peta kendali \bar{X} dan MR (*Moving Range = Range bergerak*) ditetapkan pada proses yang menghasilkan produk relatif homogen, misalnya dalam cairan kimia, kandungan mineral dalam air, makanan, dan lain-lain.

Adapun cara menentukan garis tengah, batas kendali atas dan batas kendali bawah untuk peta kendali \bar{X} dan MR adalah sebagai berikut:

- a. Rata-rata pengukuran setiap observasi

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{n}$$

- b. *Moving range* (MR) adalah nilai absolut perbedaan atau selisih antara nilai pengukuran sekarang dengan nilai pengukuran setelahnya.

$$\overline{MR} = X_2 - X_1$$

Dimana : Nilai MR selalu positif.

3. *Standard Deviasi* (S)

Standard deviasi adalah rata – rata perbedaan antara setiap nilai dalam serangkaian nilai dan *mean* (rata – rata) semua nilai dalam seri – seri pengukuran.

$$S = R / d_2$$

Dimana : d_2 = koefisien untuk pendugaan *standard deviasi* tergantung pada ukuran sampel (n), lihat lampiran 9 pendugaan d_2 .

S = *standard deviasi* proses

R = *range*

4. DPMO (*Defects Per Million Opportunities*)

- Perhitungan DPMO (*Defects Per Million Opportunities*)

$$DPMO = P[z \geq ((USL - \bar{X})/S)] * 1.000.000$$

$$DPMO = P[z \leq ((LSL - \bar{X})/S)] * 1.000.000$$

Dimana :

USL = batas spesifikasi Atas (*Upper specification limit*)

LSL = batas spesifikasi bawah (*lower specification limit*)

S = *standard deviasi*

z = konversi kedalam distribusi normal

X-Bar = rata-rata proses

- Perhitungan kapabilitas sigma
Untuk menentukan kapabilitas sigma melalui cara konversi DPMO ke nilai sigma dengan menggunakan tabel konversi.
- Membuat grafik pola DPMO dan grafik pola kapabilitas sigma proses produksi.

2.3.3 Tahap Manganalisis (*Analyze*)

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*.

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal berikut ini :

1. Menentukan stabilitas dan kapabilitas dari proses

2. Menentukan kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*
3. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan
4. Mengkonversikan banyak kegagalan kedalam biaya kegagalan kualitas COPQ (*Cost Of Poor Quality*).

Pada tahapan analisis alat yang mendukung adalah :

1. Peta kontrol UCL dan LCL

$$UCL = T + (1,5 * S_{maks})$$

$$LCL = T - (1,5 * S_{maks})$$

$$S_{maks} = \{1/(\text{nilai kapabilitas sigma})\} * \text{absolute (USL- T)}$$

Dimana :

UCL = *Upper Control Limit* (Batas Kontrol Atas)

T = Nilai Target

S_{maks} = *Standard Deviasi Maksimum*

2. Pengujian variasi proses

Pengujian variasi proses dilakukan untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi *standard deviasi maksimum*, S_{maks} pada tingkat kapabilitas sigma. Pengujiannya adalah :

$$H_0 : \sigma^2 \geq (S_{maks})^2 \text{ atau } H_0 : \sigma^2 \geq (0,22522)^2 = 0,05072$$

$$H_1 : \sigma^2 < (S_{maks})^2 \text{ atau } H_1 : \sigma^2 < (0,22522)^2 = 0,05072$$

Kriteria pengujian sebagai berikut :

Jika $[(n-1) S^2 / (S_{maks})^2] \geq \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka terima H_0 .

Jika $[(n-1) S^2 / (S_{maks})^2] < \chi^2 (\alpha; n-1)$, maka tolak H_0 .

$\alpha; n-1 =$ (lihat lampiran 4 Distribusi Khi- kuadrat).

3. *Process Capability* (Kemampuan Proses)

Process Capability adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *out put* sesuai dengan ekspektasi atau kebutuhan pelanggan. *Process Capability* merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh pihak manajemen.

Menentukan kapabilitas proses (*indeks kapabilitas*)

$$C_{pm} = \{2 \text{ Absolute } (USL - T) / \{6\sqrt{(Xbar - T)^2 + S^2}\}$$

$$= \text{Absolute } (USL - T) / \{3\sqrt{S^2}\}$$

$$\% \text{ Off Target} = \text{Absolute } (Xbar - T) / (USL - 0) \times 100\%$$

Penggunaan kriteria *rule of thumb* adalah sebagai berikut :

- $C_{pm} \geq 2,00$ maka proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati nol (*zero defects*). (Perusahaan berkelas dunia)
- C_{pm} antara 1,00–1,99 maka proses dianggap cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan nol (*zero defects*).

- $C_{pm} < 1,00$ maka proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defects oriented*).

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} , juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat dimana *output* proses itu berada dalam batas – batas toleransi.

Indeks C_{pmk} dihitung menggunakan formula :

$$C_{pmk} = C_{pk} / \sqrt{1 + \{(Xbar - T)/S\}^2}$$

di mana $C_{pk} = \{ (USL - Xbar) / 3S \}$

Lalu dianalisis secara statistika dengan melakukan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : C_{pmk} \leq 1,0$ (berarti proses sangat tidak mampu, perlu pembenahan besar-besaran sebelum dilakukan proyek *Six Sigma*)

$H_1 : C_{pmk} > 1,0$ (berarti proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk menerapkan proyek *Six Sigma*)

$$L_{C_{pmk}} : 0,05 = C_{pmk} - Z_{0,05} \sqrt{\{(1/9n) + \{C_{pmk}^2 / (2n-2)\}}$$

Dimana :

$USL = Upper Specification Limit$ (Batas Spesifikasi Atas)

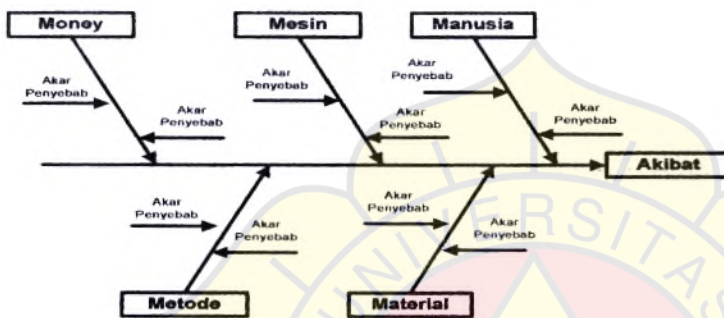
$LSL = Lower Specification Limit$ (Batas Spesifikasi Bawah)

$Z_{0,05} = 1,64$ (dapat dilihat pada tabel Distribusi Normal)

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*).

4. Diagram sebab akibat (*fishbone diagram*)

Dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengelompokkan faktor – faktor penyebab terjadinya cacat kedalam diagram *fish bone*.



Gambar 2.2 Diagram *Fish Bone*.

2.3.4 Tahap Memperbaiki (*Improve*)

Adalah merupakan rencana tindakan untuk melakukan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini di fokuskan untuk melakukan hal seperti berikut :

A. Menetapkan Suatu Rencana Tindakan (*Action Plan*) untuk Melaksanakan Peningkatan Kualitas *Six Sigma*.

Pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang berarti dalam tahapan ini peningkatan kualitas *Six Sigma* harus memutuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), alasan

kegunaan (mengapa), dimana rencana tindakan itu akan dilakukan, bilamana rencana tindakan itu akan dilakukan, dimana rencana tindakan itu akan dilakukan, bagaimana rencana tindakan itu akan dilakukan, berapa besar biaya untuk melakukan rencana tindakan itu.

Alat yang digunakan pada tahapan ini adalah :

1. Perancangan Eksperimen (*Design Of Experiment*)

DoE (Design of Experiment) adalah perancangan percobaan dengan tiap langkah yang benar-benar terdefinisikan sedemikian rupa sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diselidiki dapat dikumpulkan, sehingga dapat dianalisis secara objektif dan dapat ditarik kesimpulan yang berlaku untuk persoalan tersebut.

Factorial design merupakan eksperimen yang melibatkan "k" faktor dengan beberapa level, dimana dalam pelaksanaannya digunakan untuk menguji semua atau hampir semua dari kombinasi faktor untuk menganalisis pengaruhnya.

Manfaat dari penggunaan *DoE* adalah sebagai berikut :

- Menilai sistem *Voice of Customer* untuk mencari kombinasi terbaik keabsahan umpan balik produksi tanpa membuat pelanggan merasa jengkel
- Menilai faktor untuk memisahkan akar penyebab masalah atau cacat yang penting

- Menguji kemungkinan kombinasi solusi yang mengoptimalkan kinerja strategi
- Menilai desain produk atau jasa untuk mengenali masalah yang ada dan mengurangi cacat pada hari itu juga.

Langkah-langkah dari *DoE* adalah :

- Identifikasi faktor-faktor yang akan dievaluasi
- Tentukan level faktor yang akan diuji
- Buat *array* kombinasi eksperimen
- Buat eksperimen berdasarkan kondisi yang ada
- Evaluasi hasil dan beri kesimpulan.

2. Desain *Anthropometri* Kalibrasi Dimensi Tubuh Manusia.

Ergonomi adalah studi tentang aspek – aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara *anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen, dan design*.⁶

Anthropometri adalah suatu kumpulan data numerik, berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia yang berupa ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah *desain*.

Untuk disain tinggi *Haight* dengan menggunakan tinggi rata-rata dari siku diatas lantai jika duduk maka didapat formula sebagai berikut :

$$\text{Tinggi meja} = \text{Tinggi lipat lutut} + \text{Tinggi siku pada posisi duduk}$$

⁶ Eko Nurmianto, *ERGONOMI Konsep Dasar dan Aplikasinya*, edisi 2 (Guna Widya, 2004), h. 1.

Perlu adanya penambahan nilai toleransi (faktor yang mempengaruhi tinggi) dari objek yang akan dilaksanakan perancangan.

Formula perancangan berupa :

$$H_i = H + T_f$$

Dimana : H_i = tinggi setelah penambahan faktor.

H = tinggi normal.

T = tinggi faktor yang mempengaruhi didapat dari pengukuran.

2.3.5 Tahap Mengendalikan (*Control*)

Adalah merupakan langkah operasional terakhir dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada fase ini peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan kepada seluruh pihak, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam peningkatan kualitas dan proses standarisasi.

Alat yang digunakan pada tahapan Control adalah :

1. Menentukan X dan MR

Dalam banyak kasus, ukuran contoh yang digunakan untuk pengendalian proses adalah hanya satu ($n=1$). Hal ini sering terjadi apabila pemeriksaan dilakukan secara otomatis dan terjadi pada tingkat produksi yang sangat lambat sehingga sukar untuk mengambil contoh (n) lebih besar daripada satu. Kasus semacam ini banyak dijumpai dalam industri kimia. Demikian pula dalam kasus dimana pengukuran menjadi sangat mahal. Pembuatan peta kendali X dan MR (*Moving Range* =

Range bergerak) ditetapkan pada proses yang menghasilkan produk relatif homogen, misalnya dalam cairan kimia, kandungan mineral dalam air, makanan, dan lain-lain.

Adapun cara menentukan garis tengah, batas kendali atas dan batas kendali bawah untuk peta kendali X dan MR adalah sebagai berikut:

- a. Rata-rata pengukuran setiap observasi

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{n}$$

- b. *Moving Range* (MR) adalah nilai absolut perbedaan atau selisih antara nilai pengukuran sekarang dengan nilai pengukuran setelahnya.

$$\overline{MR} = X_{\max} - X_{\min}$$

Dimana : Nilai MR selalu positif.

2. *Standard Deviasi* (S)

Standard deviasi adalah rata – rata perbedaan antara setiap nilai dalam serangkaian nilai dan mean (rata – rata) semua nilai dalam seri – seri pengukuran.

$$S = R / d_2$$

Dimana : d_2 = koefisien untuk pendugaan *standard deviasi* tergantung pada ukuran sampel (n) lihat tabel 9 pendugaan d_2 .

S = *standard deviasi* proses

R = *range*

3. DPMO (*Defects Per Million Opportunities*)

DPMO adalah ukuran kegagalan dalam peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* sebesar 3,4 DPMO.

- Perhitungan DPMO (*Defects Per Million Opportunities*)

$$\text{DPMO} = P[z \geq ((\text{USL} - \text{XBAR})/S)] * 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = P[z \leq ((\text{LSL} - \text{XBAR})/S)] * 1.000.000$$

Dimana :

USL = batas spesifikasi Atas (*Upper specification limit*)

LSL = batas spesifikasi bawah (*lower specification limit*)

S = *standard deviasi*

z = konversi kedalam distribusi normal

X-Bar = rata-rata proses

- Perhitungan kapabilitas sigma

Untuk menentukan kapabilitas sigma melalui cara konversi

DPMO ke nilai sigma dengan menggunakan tabel konversi.

- Membuat grafik pola DPMO dan grafik pola kapabilitas sigma proses produksi.

4. *Process Capability* (Kemampuan Proses)

Process Capability adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *out put* sesuai dengan ekspektasi atau kebutuhan pelanggan. *Process Capability* merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi

produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan pelanggan.

Menentukan kapabilitas proses (*indeks kapabilitas*)

$$C_{pm} = \{2 \text{ Absolute } (UCL - T) / \{6\sqrt{(Xbar - T)^2 + S^2}\}$$

$$= \text{Absolute } (UCL - T) / \{3\sqrt{S^2}\}$$

$$\% \text{ Off Target} = \text{Absolute } (Xbar - T) / (USL - 0) \times 100\%$$

Penggunaan kriteria *rule of thumb* adalah sebagai berikut :

- $C_{pm} \geq 2,00$ maka proses sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan oleh pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati nol (*zero defects*). (Perusahaan berkelas dunia)
- C_{pm} antara 1,00–1,99 maka proses dianggap cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan nol (*zero defects*).
- $C_{pm} < 1,00$ maka proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defects oriented*).

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} , juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat dimana *output* proses itu berada dalam batas – batas toleransi.

Indeks C_{pmk} dihitung menggunakan formula :

$$C_{pk} = \{ (USL - T) / 3S \}$$

$$C_{pmk} = C_{pk}$$

Lalu dianalisis secara statistika dengan melakukan hipotesis sebagai berikut :

Ho : $C_{pmk} \leq 1,0$ (berarti proses sangat tidak mampu, perlu pembenahan besar-besaran sebelum dilakukan proyek *Six Sigma*)

Hi : $C_{pmk} > 1,0$ (berarti proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk menerapkan proyek *Six Sigma*)

$$L_{C_{pmk}} : 0,05 = C_{pmk} - Z_{0,05} \sqrt{\{(1/9n) + \{C_{pmk}^2 / (2n-2)\}}$$

Dimana :

USL = *Upper Specification Limit* (Batas Spesifikasi Atas)

LSL = *Lower Specification Limit* (Batas Spesifikasi Bawah)

$Z_{0,05} = 1,64$ (dapat dilihat pada tabel Distribusi Normal)

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*).

Data yang digunakan bisa bersifat variabel ataupun data atribut.

- Data *variabel* adalah data *kuantitatif* yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu untuk keperluan pencatatan dan analisis. Contoh data *variabel* adalah diameter pipa, ketebalan produk dan konsentrasi kimia.
- Data *atribut* adalah data *kualitatif* yang diukur menggunakan daftar pencacahan untuk keperluan pencatatan dan analisis. Contoh data

atribut adalah ketiadaan label pada kemasan produk, penyebab kegagalan dan jenis–jenis cacat produk.

Variasi adalah ketidak seragaman dalam sistem industri sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas pada produk yang dihasilkan.

Penggunaan metode–metode statistik dalam industri akan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku dan proses industri, sehingga memberikan dampak ekonomis bagi industri tersebut.

Sigma adalah istilah statistik untuk menunjukkan penyimpangan standar (*standard deviasi*) suatu indikator dari tingkat variasi dalam seperangkat pengukuran atau proses.

2.4 MINITAB

Minitab adalah *software* statistik yang digunakan pada banyak usaha peningkatan kualitas *Six Sigma*. *Minitab* memiliki kumpulan tool yang menyeluruh untuk di implementasikan pada proses *six sigma*, seperti : *Measure, Analyze, Improvement* dan *Control*.⁷

2.4.1 Penggunaan *Minitab* Pada *Design of Eksperiment*

Design of Eksperiment dapat dilakukan dengan mengikutkan faktor yang dapat dikontrol dan faktor lingkungan. *Minitab* akan menunjukkan

⁷ Cornelius Trihendradi, *Statistik Six Sigma dengan MINITAB*, Edisi Pertama (C.V ANDI OFFSET, 2006), h. 5.

analisis respons optimalisasi proses setelah menetapkan faktor – faktor kunci.

2.4.2 Tahapan Membuat *Desain Faktorial*

Minitab akan memudahkan dalam melakukan *desain faktorial*.⁸

1. Tahapan desain faktorial adalah sebagai berikut :

- Klik *Stat* → *DOE* → *Factorial Create Factorial Design*.
- Pilih 2 level factorial pada *Type of Design* karena masing – masing variabel faktor berlevel 2. Pada daftar *drop down Number of Factor*, pilih 2 sesuai dengan jumlah variabel faktor pada desain.
- Klik tombol *Design* sehingga muncul kotak dialog *Create Factorial Design*.
- Pilih *Full Factorial* pada kotak karena semua perlakuan faktor – level dilakukan dalam eksperimen ini. Pada daftar *drop down Number of replicates* dan *Number of blocks* pilih 6 (ditinginkan 6 perlakuan). Kemudian klik *Ok* maka akan kembali pada kotak dialog *Create Factorial Design*.
- Klik tombol *Factor* sehingga muncul kotak *dialog Create Factorial Design – Factors*.
- Masukkan nilai faktor pada kotak faktor.

⁸ *Ibid.*, h. 123-128.

- Klik tombol **Options** sehingga muncul kotak **dialog CreateFactorial Design – Options**.
- Pastikan tanda check pada **Randomize runs** sehingga dilakukan pengacakan perlakuan.
- Klik tombol **Ok**.

2. Tahapan analisis desain faktorial

- Klik **Stat** → **DOE** → **Analyze Factorial Design**.
- Masukkan variabel hasil pada kotak **Respons**.
- Klik tombol **Graphs** sehingga akan muncul kotak **dialoge Analyze Factorial Design – Graphs**.
- Check **Pareto** pada **Effects Plot**. Klik **Ok** sehingga muncul diagram pereto (menunjukkan respons pengaruh dari faktor).

